Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 70 (1952)
Heft: 19

Artikel: Das Bohrproblem im modernen Tunnelbau
Autor: Rabcewicz, L. v.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-59604

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Das Bohrproblem im modernen Tunnelbau

Von Prof. Dr. L. v. RABCEWICZ, Stockholm

DK 624.191.2

Schluss von Seite 263

B. Die Nebenzeiten

Die Nebenzeiten werden von folgenden Faktoren beeinflusst:

1. Wahl des Bohrsystems
2. Bohrschema. — a) Keil-, Kegel- und Fächereinbrüche; b) Brennereinbrüche; c) Abschlagtiefe; d) Bohrlochdurchmesser
3. Organisation und Einrichtung.

1. Wahl des Bohrsystems

Wenn man mit Bohrhämmern auf Bohrknechten arbeitet, sind die Nebenzeiten bei gut organisierten Betrieben relativ klein. Man wird in diesem Falle mit einem Anteil von etwa 70% der reinen an der Totalbohrzeit zu rechnen haben (T_r/T_b = 70/100). Die reine Bohrzeit ist jedoch beim Bohrhammerbetrieb vielleicht noch mehr als beim Bohrwagen von der Geschicklichkeit des Arbeiters abhängig.

Beim Bohrwagenbetrieb waren die Nebenzeiten ursprünglich bedeutend. Stollenvortriebe um 1930 in den USA haben z. B. noch Montagezeiten für den Bohrwagen in der Grössenordnung von 30 Minuten. Beim Boomjumbo hat man heute mit 3 Minuten zu rechnen. Der Unterschied an Nebenzeiten wird weiter unten an einem Beispiel erläutert: Bei gleicher Maschinenanzahl und sonst gleichen Verhältnissen würde die Einsparung an Nebenzeiten für den Boombohrwagen gegenüber dem Fensterbohrwagen rd. 48 min, d. i. 33% der Gesamtbohrzeit betragen; die Vortriebsgeschwindigkeit würde um 14% steigen (siehe Tabelle 1).

2. Das Bohrschema

Sehr wichtig zur Herabsetzung der Bohrzeiten für den Lochwechsel ist die Wahl eines Bohrbildes, das dem Bohrwagentyp angepasst ist und welches dann während der ganzen Arbeit möglichst nicht mehr geändert wird. Selbstverständlich hat dieses Schema auch den geologischen Verhältnissen in grosser Linie zu entsprechen. Die Bohrmaschinen müssen dabei mit einem Minimum an Handgriffen von einer Bohrstellung in die nächste gebracht werden können. Bei einem Boomjumbo wird man z. B. trachten, die Löcher in einer vertikalen Ebene nacheinander zu bohren, wobei man möglichst nur die in wenigen Sekunden veränderbare Höhenverstellung betätigt, ohne sonstige Schraubenverbindungen zu lösen.

Da das Bohrschema auch sonst von grosser Bedeutung für das Vortriebsergebnis ist, sollen hier einige wichtige Hinweise nicht unterlassen werden.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Gruppen von Einbrucharten. Zur ersten gehören die *Kegel-, Keil-* und *Fächereinbrüche,* zur zweiten die verschiedenen *Brennereinbrüche* (Burn Cuts[5]).

Bei der ersten Gruppe kann das gelöste Material der zuerst gezündeten Einbruchschüsse nur gegen die freie Tunnelwand ausweichen. Je grösser die Angriffstiefe t wird, umso kleiner wird die gegen die freie Tunnelwand gerichtete Kraftkomponente. Es muss daher für grosse t bei sonst gleichen Abmessungen der Stollenbrust mehr Sprengstoff aufgewendet werden. Die Angriffstiefe t ist daher bekanntlich beschränkt und beträgt etwa 0,8 h. Der Aufwand an spezifischer Bohrlochlänge und damit der Sprengstoffverbrauch steigt dabei mit zunehmendem t nach Bild 22.

Bei den *Brennereinbrüchen* dagegen wirken die erst gezündeten Schüsse nicht gegen die freie Tunnelwand, sondern gegen den Leerraum der nicht geladenen Ausdehnungsschüsse.

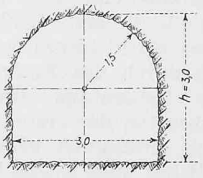
[5]) Vgl. hierüber G. V. Rodio a. a. O., wo die erste Gruppe Pyramiden-Einbruch, die zweite Parallel-Einbruch genannt wird.

Tabelle 1. Zusammenhang zwischen Einbruchart und Abschlagtiefe, Beispiel für einen Stollen in Gneis, $F \cong 8\ m^2$

Organisations- und Einrichtungsverhältnisse: I schlecht, II mittel, III gut

	t_s	t_E	t_M	t_D	t_g	t_r	t_w	t_L	t_N	t_A	Anmerkung
I	5	3	15	7	3	25	2,0	3,5	3,2	0,3	Fensterbohrwagen mit 3 Maschinen, kurze Lafetten
II	3	3	7	3	3	40	1,5	2,5	2,3	0,2	Boombohrwagen mit 3 leichteren Maschinen, lange Lafetten
III	2	3	5	2	2	60	1,0	1,5	0,8	0,2	Boombohrwagen mit 3 schwereren Maschinen, lange Lafetten

Abschlagtiefen t in m	1	2	3	3	4
Einbruchart	Kegel			Brenner	
m	0	1	2	2	3
	0	0	1	1	1
n	8	10	13	12	13
L m	10,0	21,0	42,3	39,8	54,0



	I					II					III				
Abschlagtiefe t	1	2	3	3	4	1	2	3	3	4	1	2	3	3	4
Bohrzeit T_B	134	242	441	417	570	88	146	280	265	338	52	85	159	150	191
Laden, Schiessen, Lüften	54	64	83	79	93	46	53	65	63	72	36	41	50	48	56
Schutterung	118	186	253	253	322	88	143	197	197	251	61	102	142	142	183
Σ	306	492	777	749	985	222	342	542	525	661	149	228	351	340	430
Anzahl Abschläge/Tag	4,70	2,92	1,85	1,92	1,46	6,48	4,20	2,65	2,73	2,17	9,65	6,30	4,10	4,25	3,35
Vortrieb m/Tag	4,70	5,82	5,55	5,78	5,82	6,48	8,40	7,96	8,20	8,70	9,65	12,60	12,30	12,80	13,40
Einbruchart	← Kegel			→ ‹Brenner ›		← Kegel			→ ‹Brenner ›		← Kegel			→ ‹Brenner ›	

T_B	Gesamtbohrzeit nach Beendigung der Schutterung bis zum Beginn des Ladens	... min
t_s	Richtunggeben	2 ... 5 min
t_E	Bohrwagen einfahren	2 ... 4 min
t_M	Aufstellen des Bohrwagens und Einrichten des ersten Bohrloches	2 ... 15 min
t_D	Demontage des Bohrwagens	2 ... 7 min
t_g	Zeitverlust für allfällige Gerüstarbeiten für Bohren der oberen Löcher	2 ... 4 min
L	grösste von 1 Bohrmaschine zu bohrende Bohrlochlänge für eine Attacke	m
t_r	reine Bohrgeschwindigkeit	cm/min
n	Bohrlochzahl von 1 Maschine zu bohren	Stück
m	Anzahl der Bohrerwechsel für 1 Bohrloch, den jeweilig ersten Bohrer für jedes Loch nicht mitgezählt	Stück
t_w	Zeit für 1 Bohrerwechsel einschliesslich 1 Schlittenvorschub	0,5 ... 2,5 min
t_L	Zeit für 1 Lochwechsel einschliesslich Bohrerwechsel für den Bohranfang	0,5 ... 3,5 min
t_N	Nebenzeiten durch Betriebsstörungen, Luftmangel, Bohrersteckenbleiben und verschiedene unvorherges. Hindernisse	0,2 ... 3,5 min/m
t_A	Ausblasen der Löcher	0,1 ... 0,3 min/m

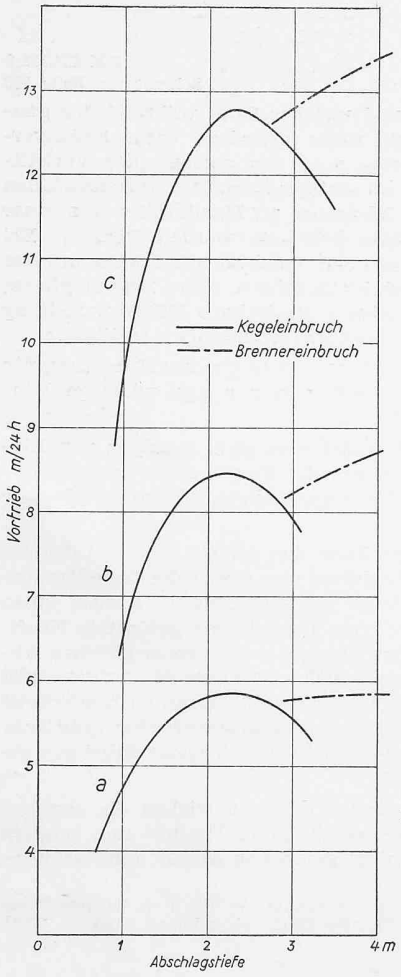
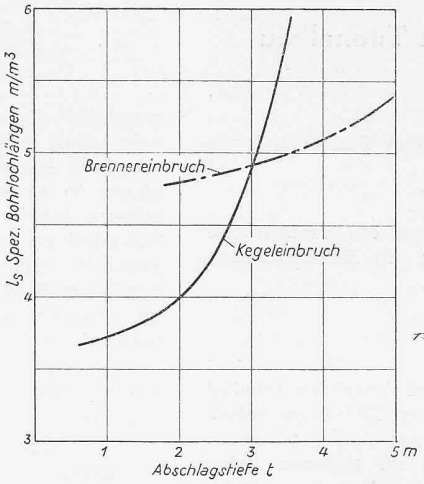


Bild 29. Einfluss der Abschlagtiefe und der Güte der Einrichtung und Organisation (a schlecht, b mittel, c gut) auf die Vortriebsleistung für Kegel- und Brennereinbruch (nach Rabcewicz)



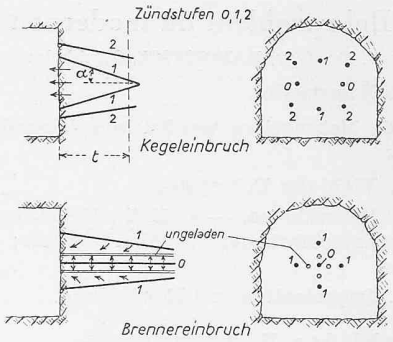


Bild 22. Spezifische Bohrlochlängen als Funktion der Abschlagtiefe (Rabcewicz) Stollen $F = 8$ m², Gneis, Gelatine Aldorfit A

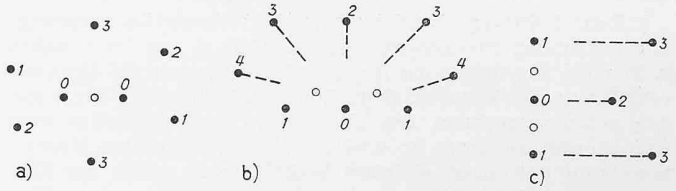


Bild 23. Einige Arten des Brennereinbruches. 0, 1, 2, 3, 4 = Zündstufen. Bohrbild a) wurde auf der Zeche Neu-Iserlohn im Ruhrgebiet im Schiefer und Sandschiefer angewendet. Bohrbild b) versuchte der Verfasser mit gutem Erfolg im Dolomit. Bohrbild c) wurde in den Versuchsstollen von Atlas Diesel durchgeführt

Erst die nächste schwach gegen die Horizontale geneigte Schussgruppe wirft dann das zerschossene und zerpresste Material heraus. Theoretisch ist daher beim Brennereinbruch die Angriffstiefe t unbeschränkt. Aus verschiedenen praktischen Gründen kann t nicht zu gross gewählt werden; nicht zuletzt weil die Auswurfschüsse ja doch eine entsprechende Neigung haben müssen. Die spezifische Bohrlochlänge L_s m/m³ wächst für die Brennereinbrüche nur wenig mit zunehmendem t, während sie für die erste Einbruchsgruppe rasch unendlich wird. Besonders bei kleineren Querschnitten ist daher der Brennereinbruch durch das Einsparen von Nebenzeiten (Lüftung, Montage, Demontage des Bohrwagens usw.) häufig den Einbruchsarten der ersten Gruppe vorzuziehen.

Nach anfänglich begeisterter Aufnahme in der ganzen Fachwelt hat man jedoch in letzter Zeit die Brennereinbrüche wieder weniger zu verwenden begonnen. Begreiflicherweise wirken die Ausdehnungsschüsse nur dann in der beabsichtigten Weise, wenn der Fels angenähert homogen ist. Sind aber offene Klüfte oder ähnliche Schwächestellen vorhanden, so kommt es zu Fehlabschlägen. Derartige Misserfolge sind umso unangenehmer, als das Bohren tiefer Abschläge an sich schon mehr Zeit und Mühe kostet.

Dazu kommt noch, dass das Bohrbild des Brennereinbruches wegen der genau einzuhaltenden Parallelität der eng nebeneinander liegenden Löcher schwer zu bohren ist. Trotzdem bleiben die Brennereinbrüche eine ganz ausgezeichnete Arbeitsweise, die bei entsprechendem Fels und guten Leuten den anderen Einbruchsarten überlegen sind. Von den verschiedenen Arten der Brennereinbrüche seien hier einige Beispiele herausgegriffen (Bild 23). Die Bilder 24 bis 26 zeigen die mit den Methoden a und c erzielten Erfolge.

Das schwierige Bohren der langen parallelen Löcher kann durch Bohrschablonen erleichtert werden (Bilder 27 und 28). In Schweden ist man jedoch von dieser Erleichterung bald abgegangen. Die Mineure eigneten sich dort eine derartige Fertigkeit im Bohren dieser schwierigen Bohrbilder an, dass sie diese auch ohne Schablone mit Bohrhammer und Bohrknecht sehr präzise bohren, wobei sie sich nach einem in das benachbarte Loch gesteckten Stab richten. Ich konnte übrigens bei einem Tunnelbau in Brasilien interessanterweise feststellen, dass ganz ungelernte Arbeiter nach entsprechender Anlernung Brennereinbrüche ohne Schablone recht gut bohrten, während sie Schussbilder der ersten Gruppe viel schlechter meisterten.

Welchen Einfluss die Wahl der *Einbruchart* und der *Abschlagtiefe* auf das Fortschrittstempo ausübt, sei am besten an einem Beispiel erläutert (Tabelle 1). Ein Stollen im Gneis, Querschnitt $F = 8$ m², werde jeweils in verschiedenen Arten und unter verschiedenen Verhältnissen vorgetrieben. Wir bezeichnen die verschiedenen beim Bohrvorgang benötigten Zeiten wie bei Tabelle 1 angegeben.

Daraus erhält man die Gesamtbohrzeit nach der Beziehung:

Bild 24. Brennereinbruch nach Bild 23a auf der Zeche Neu-Iserlohn (Photo Deutsche Kohlenbergbauleitung)

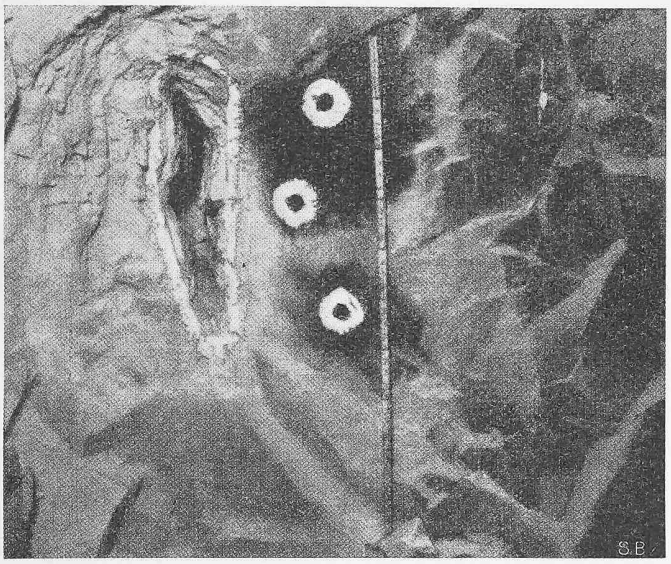


Bild 25. Brennereinbruch im Granit gemäss Bohrbild 23c nach Abschiessen der Zündstufen 0 und 1

$$T_B = t_s + t_E + t_M + t_D + t_g + \frac{100\,L}{t_r} + \\ + (n-1)\,t_L + n\,m\,t_w + L\,(t_N + t_A)$$

Zu den Einzelheiten ist Folgendes zu bemerken: Während des Richtunggebens fährt bereits der Bohrwagen aus der letzten Weiche so weit als möglich vor. Die Demontage und das Ausfahren des Bohrwagens geschehen zum Teil bereits während des Ausblasens der Bohrlöcher und greift in den Beginn des Ladens über, es sei denn, dass das Laden vom Podium des Bohrwagens aus erfolgt. Zur Erzielung einer möglichst kurzen Bohrzeit muss selbstverständlich jede Maschine dieselbe Lochlänge zu bohren haben, wobei auch Zeitverluste für schwierigere Lochwechsel zu berücksichtigen sind. Jeder Mann beginnt sofort zu laden, sobald er sein Bohrpensum erledigt hat. Gegen diese Gepflogenheit ist bei entsprechend intelligenter Mannschaft nichts einzuwenden. Durch entsprechende Zusammenarbeit werden unvermeidbare Unregelmässigkeiten weitgehend ausgeglichen. Für die in der Tabelle 1 angegebenen Vortriebe wurde die Bohrzeit T_B jeweils nach der oben angeführten Beziehung ermittelt.

Trägt man die täglichen Vortriebsleistungen zu den entsprechenden Abschlagstiefen graphisch auf (Bild 29), so kommt man auf rein theoretischem Wege zu dem folgenden interessanten Ergebnis, das inzwischen vielfach seine praktische Bestätigung erfahren hat:

Bei dem gegebenen Querschnitt liegt die günstigste Angriffstiefe bei etwa 2,25 m = 0,75 h. Ferner: Der Brennereinbruch bringt nur Vorteile bei wirklich guten Einrichtungs-

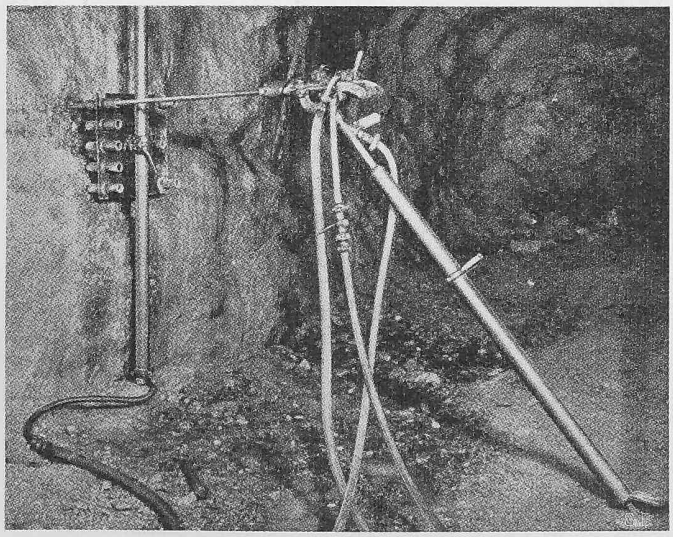


Bild 27. Bohrschablone für Brennereinbruch gemäss den Bildern 25 und 26

Bild 26. Dasselbe nach Abschuss des ganzen Einbruchs (Bilder 25 bis 27 «Tryckluft»)

und Organisationsverhältnissen. Je besser die letzteren, umso sorgfältiger muss die günstigste Angrifftiefe ermittelt werden. *Die Güte der Einrichtungs- und Organisationsverhältnisse ist für den Vortrieb ausschlaggebend.*

Der Einfluss des Bohrlochdurchmessers auf die Nebenzeiten ist ebenfalls beachtlich. Ich hatte Gelegenheit, die Frage «Grosse oder kleine Bohrlöcher?» während des Krieges eingehend zu studieren. Es wurde zu diesem Zweck eine Versuchstrecke im Oetztal in einem kompakten Gneis aufgefahren. Das Ergebnis dieser Untersuchungen, über die noch an anderer Stelle berichtet werden soll, schien die günstigen Erfahrungen, die man mit grossen Bohrlöchern beim Vortrieb der Alpenrichtstollen gemacht hatte, zu bestätigen.

Wir fanden: In kompaktem, nicht lassigem oder geschiefertem Fels gibt es für jede Abschlagtiefe bei der selben Sprengstoffart ein Optimum des spezifischen Bohrlochinhaltes J_s cm³/m³. Dieses Letztgenannte wird wieder mit einem günstigsten Bohrlochdurchmesser erreicht. Dabei steigen diese Optima mit der Abschlagtiefe.

Für die Verwendung grösserer Durchmesser sprechen ferner folgende Umstände: Man spart an Loch- und Bohrerwechselzeiten, Bohrkronen mit grösserem Durchmesser nützen sich weniger ab als solche mit kleinerem, ausserdem sind grössere Kronen relativ zum Durchmesser billiger.

Der Detonationsvorgang ist bei Sprengstoffsäulen mit grossem Durchmesser ungleich günstiger als bei kleinem. Man stelle sich die Sprengstoffmenge von 1000 cm³ einmal als Kugel mit einem $r = 6{,}2$ cm zentral und das andere Mal in einem 203 cm langen Bohrloch ϕ 25 mm von einem Ende gezündet vor, so hat die Detonationswelle im Falle der gestreckten Ladung den 33fachen Weg zu durchlaufen. Da überdies die Ladedichte im kleinen Bohrloch verhältnismässig geringer ist, wird dieser Faktor noch grösser. Dies führt zu der unangenehmen Erscheinung, dass lange, dünne Sprengstoffsäulen bei nicht sehr brisanten Sprengstoffen, z. B. bei Gelatine Donarit, manchmal

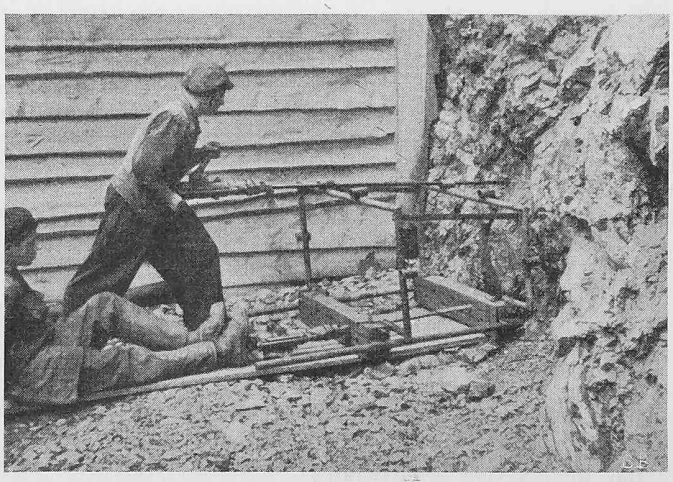


Bild 28. Bohrschablone bei Brennereinbruchversuchen des Verfassers (Bild 23b) im Dolomit des Achenseestollens

nicht durchdetonieren. Konzentrierte Ladungen sind daher brisanter in der Sprengwirkung.

Leider stehen jedoch diesen beachtlichen Vorteilen auch grosse Nachteile gegenüber, nämlich: Bei klüftigem Fels ist das Sprengergebnis unsicher. Ich beobachtete bei einer Versuchstrecke in zerklüftetem Gneis, dass verschiedentlich hochbrisant geladene Schüsse ⌀ 52 mm unmittelbar neben einer Kluft das Gestein jenseits der Kluft gar nicht zerstörten. Derartige unberechenbare Fehlwirkungen sind naturgemäss bei wenigen grossen Bohrlöchern besonders fühlbar. Das Versagen solcher Abschläge ist umso unangenehmer, je tiefer der Abschlag ist; es bedeutet Verlust an Zeit und teurem Sprengstoff. Diese Tatsache wurde auch schon bei den grossen Alpendurchstichen beobachtet und brachte den Bohrbildern mit grossem Durchmesser den Ruf, aufwendiger zu sein. Ferner stellte ich in gewissen Felssorten einwandfrei Detonationsübertragungen im Fels von Schuss zu Schuss auf beachtliche Distanz fest. Endlich wird die Umgebung schwer geladener und brisant wirkender Schüsse mit grossem Durchmesser stärker zerstört als bei Schüssen mit kleinem Durchmesser. Man bekommt also mehr Ueberprofil. Schwere Schüsse in den Randzonen setzen daher auch die Standfestigkeit des Gebirges herab und zwingen gegebenenfalls zu rascherem und stärkerem Einbau. Dies ist, besonders bei unverkleideten Stollen der Wasserkraftwerke, von grosser Bedeutung.

Die wirtschaftliche Verwendung grösserer Bohrlöcher wird sich damit trotz den scheinbaren Vorteilen auf ein verhältnismässig kleines Gebiet beschränken, und zwar auf Richtstollen oder die zentralen Partien grösserer Profile in einwandfrei kompaktem Fels bei Hartgestein.

3. Organisation und Einrichtung

Das oben gewählte Beispiel zeigt auch deutlich, welchen Umständen besonderes Augenmerk zuzuwenden ist. Bei guter Mannschaft wir sich jener Teil der Arbeitsvorgänge, der direkt von der Arbeitsleistung der Leute abhängig ist, bald so einspielen, dass die hiefür erforderlichen Zeiten mehr oder weniger zu einer Konstanten werden. Hieher gehören: Richtunggeben, Einfahren, Montage und Demontage des Bohrwagens, Gerüsten, Bohrerwechsel, Lochwechsel und Ausblasen. Von den Mineuren abhängig ist natürlich auch der reine Bohrvergang, weil sie ja auf das zentrische Bohren achten müssen.

Dagegen gehören Betriebstörungen durch Ausfall von Luft und Wasser, Platzen von Dichtungen, Steckenbleiben der Bohrer und langsamer Bohrfortschritt durch mangelnden Druck, nicht richtig kalibrierte Kronen, ungenügende Wartung der Maschinen, mangelnde Reserven auf allen Gebieten usw. zu jenen Umständen, die von der Mannschaft vor Ort nicht oder nur zum Teil beeinflusst werden können.

Gerade deshalb untergraben wiederholte Betriebstörungen der letztgenannten Art die Arbeitsmoral besonders und nehmen den Mineuren die Arbeitsfreude. Gute Einrichtung mit reichlicher Reserve und ausgezeichnetes Maschinenpersonal werden solche Störungen auf ein Kleinstmass herabsetzen.

Man ersieht aus dem gewählten Beispiel auch die grosse Empfindlichkeit des Betriebes gegen die verschiedensten Einflüsse. Der Tunnelvortrieb mit modernem Gerät ist nur einem keineswegs einfachen, aus vielen Teilarbeitsgängen bestehenden Fertigungsvorgang vergleichbar, bei welchem es bei jedem Teilvorgang auf Minuten, ja auf Bruchteile von Minuten ankommt.

Während bei anderen hochmechanisierten Betrieben der Einfluss des Arbeiters auf das Ergebnis durch die Maschine herabgesetzt wird, ist beim Tunnelbau eher das Gegenteil der Fall. Die Bedienung der Bohrgeräte bei einem Lärm, bei welchem eine Verständigung unmöglich ist, das zentrische Bohren, die Genauigkeit der Lage und Richtung der Löcher bei Abschlägen grösserer Tiefe, die Instandhaltung der Geräte usw. verlangen eine äusserst gewissenhafte, bestens aufeinander eingearbeitete, ausgezeichnet militärisch geschulte Mannschaft.

Der Anteil der Mannschaft am Ergebnis ist bei hochmechanisiertem Tunnelbetrieb viel grösser als bei solchem mit geringer Einrichtung. Darin wird man neben guter Einrichtung hauptsächlich die Erklärung für die manchmal grossen Unterschiede in den Leistungen unter sonst gleichen Bedingungen zu suchen haben.

Das Bohren vom Schutthaufen

Als grosser Vorteil des Bohrhammerbetriebes wurde und wird heute noch die Möglichkeit gleichzeitigen Schutterns und Bohrens hervorgehoben. Für das Bohren bleibt mehr Zeit übrig, es kann somit mehr geleistet, oder wenn die Schutterzeit massgebend ist, können weniger Hämmer eingesetzt und so kann an Betriebsstoff und Installationen gespart werden. Seit Einführung der maschinellen Schutterung mit Stollenbaggern hat sich nun im Arbeitsbild dieser Stollenbetriebsweise etwas geändert.

Die tieferen Abschläge werfen so grosse Materialmassen, dass es doch zeitraubenden Schaufelns bedarf, bis die Bohrarbeiten in der oberen Hälfte der Brust begonnen werden können. Beim Einsetzen leistungsfähiger Stollenbagger ist man vielfach genötigt, deren Arbeit zu unterbrechen, bis das Bohren der oberen Hälfte beendet ist. Dann wird fertig gebaggert und sodann die untere Hälfte gebohrt. Abgesehen von der geschilderten gegenseitigen Behinderung des Bohr- und Schutterbetriebes, die eine gewisse Unklarheit und Unstetigkeit in die Organisation bringt, benötigt der gemischte Betrieb mehr Leute, weil beide Betriebe nebeneinander laufen, während beim getrennten Schuttern und Bohren die gleiche Mannschaft die einzelnen Operationen hintereinander ausführt. Endlich kann nicht bezweifelt werden, dass das Bohren auf dem Schutthaufen durch die ausströmenden Gase für die Bohrmannschaft gesundheitsschädigend ist. Obwohl m. W. statistische Angaben hierüber noch fehlen, muss medizinisch einwandfrei nachweisbar sein, dass das dauernde Einatmen der Abgasgifte bei schwerer körperlicher Arbeit auf die Dauer schädlich ist und jedenfalls die Leistung herabsetzt.

Als Vorteil des Bohrhammerbetriebes vom Schutthaufen wird ferner hervorgehoben, dass man dabei jederzeit das Schussbild den augenblicklichen geologischen Verhältnissen anpassen kann. Hiezu wäre zu sagen, dass die Kunst des Bohrens sozusagen individueller Schussbilder, die zur Zeit des Handbohrens in höchster Blüte war, in den letzten Jahrzehnten so weitgehend verloren gegangen ist, dass man heute gut tut, ausnahmslos an genormten Schussbildern festzuhalten, die den geologischen Bedingungen in grossen Linien gerecht werden, aber Einzelheiten nicht berücksichtigen.

Das Bohren vom Schutthaufen muss also als unwirtschaftlich und den modernen gesundheitlichen Anforderungen nicht entsprechend abgelehnt werden.

Das praktische Bohrergebnis

Eine Zusammenfassung des oben Dargestellten führt zu folgendem einfachen Ergebnis: Der Zweck des Bohrvorganges ist das Abbohren einer Stollenbrust nach dem besten Bohrbild, in möglichst kurzer Zeit, so wirkungsvoll und wirtschaftlich wie möglich. Diese Forderung wird zweifellos erfüllt, wenn die Bohrleistung von einer Maschine in der Zeiteinheit, die «wirkliche Bohrleistung», zu einem Maximum wird, wobei sämtliche Nebenzeiten inbegriffen sind. Wieviel Maschinen man dann vor Ort anbringen wird, ist eine Kosten- bzw. Platzfrage. Man hat also in dem Ausdruck $\frac{\approx L\ 60}{T_B}$ = Maschinenzahl × «wirkliche Bohrleistung» ein Mass, das alle Umstände, welche den Bohrvorgang beeinflussen, berücksichtigt, selbstverständlich gleiche geologische Bedingungen vorausgesetzt.

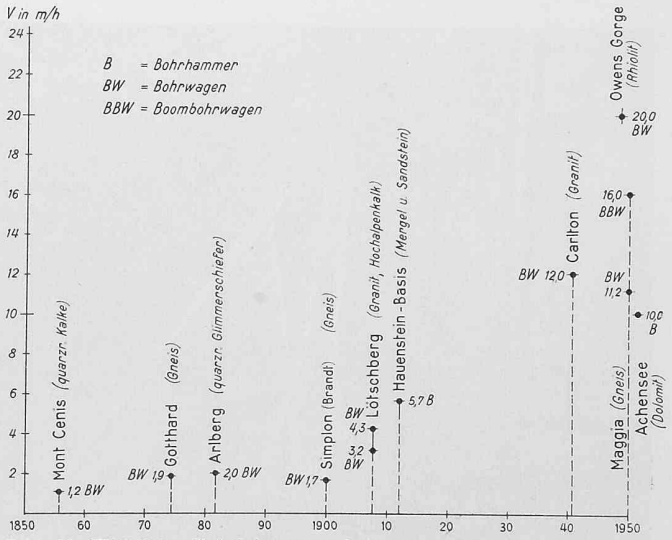


Bild 30. Wirkliche Bohrleistungen bekannter Tunnelarbeiten, V in m Bohrloch/1 Maschine/h, alle Nebenleistungen inbegriffen (nach Rabcewicz)

Die Frage, ob Bohrwagen nach amerikanischen Systemen oder schwedische Bohrweise, wird durch das Mass des praktischen Bohrergebnisses entschieden. Welche Entwicklung die moderne Technik diesbezüglich zu verzeichnen hat, zeigt Bild 30, in welchem die «wirkliche Bohrleistung» für die bekanntesten Tunnelbauten dargestellt ist.

Die Wirtschaftlichkeit des Bohrbetriebes

Die oben angestellte Untersuchung genügt jedoch nicht ganz, um auch die Wirtschaftlichkeit des Betriebes zu prüfen. Die Frage, ob ein hohes Fortschrittstempo gleichzeitig auch wirtschaftlich ist, oder ob die Kosten für den lfd. m Tunnel mit steigendem Tempo steigen, wird vielfach diskutiert, und man hört häufig die Meinung, dass das letztere der Fall sei.

Es ist daher wohl von Interesse, ein praktisches Beispiel durchzurechnen. Zu diesem Zwecke wurden die Selbstkosten für einen Stollen von $F = 8$ m² im Gneis (standfestes Gebirge, ohne Einbau, Länge 4800 m) ermittelt. Das Bauvorhaben sei in 26 Monaten zu vollenden, wovon zwei Monate zur Einrichtung der Baustelle benötigt werden.

Die maschinelle Einrichtung bestehe aus:

1 Boomjumbo mit drei Bohrmaschinen (G einer Maschine ohne Lafette 38 kg)
2 Maschinen in Reserve
2 Kompressoren zu je 10 m³/min mit El.-Motoren
1 Kompressor zu je 10 m³/min in Reserve
2 Windkessel
5 km Rohrleitung, 150 ⌀
5 km Wasserleitung
5 km Luttenleitung, ⌀ 500
1 Hochdrucklüfter mit Motor 2,5 m³/s
5,5 km Gleis 750 mm, Schienengewicht 18 kg
20 Weichen
2 Stollenbagger (der Leistung der «Eimco 40»)
2 Wechselplatten
20 Stollenwagen, Selbstkipper 2,5 m³
2 Akkumulatoren-Lokomotiven, 20 PS, komplett mit Ladeeinrichtung
Werkstätte

An der Baustelle seien 38 Mann beschäftigt, davon 20 im Stollen arbeitend. Für die Letztgenannten wird ein Prämiensatz angenommen, der bei einer Leistung von 6 m/Tag beginnend auf 100 % für 16 m/Tag linear ansteigt. Die Baustellenerrichtung: Schrägaufzüge, Seilbahnen, Wege, Büros, Maschinenhaus usw., einschliesslich der Unterkünfte für Arbeiter und Angestellte betrage 15 % der direkten Kosten (Löhne und Material). Für Abschreibungen und für laufende und Schlussreparatur der Geräte wurde für dreischichtigen Betrieb ein Betrag von 2,25 % des Neuwertes monatlich gerechnet.

Bei der Ermittlung der Abhängigkeit der Selbstkosten für 1 lfm Tunnel hat man zu unterscheiden zwischen Kostenanteilen, die von der Dauer, in welcher die Arbeit geleistet wird, unabhängig sind, und solchen, die eine Funktion der Ausführungszeit bilden. Zu den ersten gehören z. B. die Bau- und Betriebsstoffe, die Frachten, ferner Weganlagen und sonstige ortgebundene bauliche Anlagen, die nur der Baudurchführung dienen, wie Fundamente der Maschinen und Häuser, Planierungen usw. und nicht zuletzt der Unternehmergewinn. Auch die Reparaturen der Geräte sind hier einzuordnen, denn man kann wohl den Umfang der Reparaturen als eine Funktion der Benützung annehmen.

Eine Funktion der Zeit dagegen sind die Löhne der Mannschaft und die Gehälter der Angestellten. Die Kosten hiefür müssen gezahlt werden, gleichgültig, ob die Tagesleistung gross oder klein ist; dasselbe gilt auch für alle Mieten, den Zinsendienst und die Generalregie.

Die Abschreibung der Grossgeräte steht zwischen den beiden Gruppen, da hier sowohl der Grad der Abnützung als auch der Zeitfaktor (Unmodernwerden der Geräte) eine Rolle spielen. Das selbe gilt auch von dem Maschinenanteil der Baustelleneinrichtung.

In Bild 31 wurden die verschiedenen Kostenanteile als Funktion der Tagesleistung aufgetragen. Die Kostenlinie für die Anteile der ersten Gruppe ist eine Gerade, jene für die Anteile der zweiten Gruppe dagegen eine Hyperbel. Für die Abschreibung der Grossgeräte und die Baustelleinrichtung wurden daher entsprechende Mittelwerte gewählt.

Die verschiedenen Anteile wurden mit den Nummern 1 bis 8 versehen. Die Bau- und Betriebsstoffe (Bohrstahl, elektr. Kraft, Schmiermittel und Spreng- und Zündmittel) wurden, versehen mit den Nummern 6 bis 8, auf der Schlusslinie der Kosten 1 bis 5a aufgetragen, wobei die verschiedenen Vortriebsmöglichkeiten im Sinne der Tabelle 1 berücksichtigt wurden.

Von diesen diversen Möglichkeiten wurde der grösseren Klarheit halber nur die Schlusslinie für k_2 (Kegeleinbruch $t = 2$ m) und b_3 (Brennereinbruch t

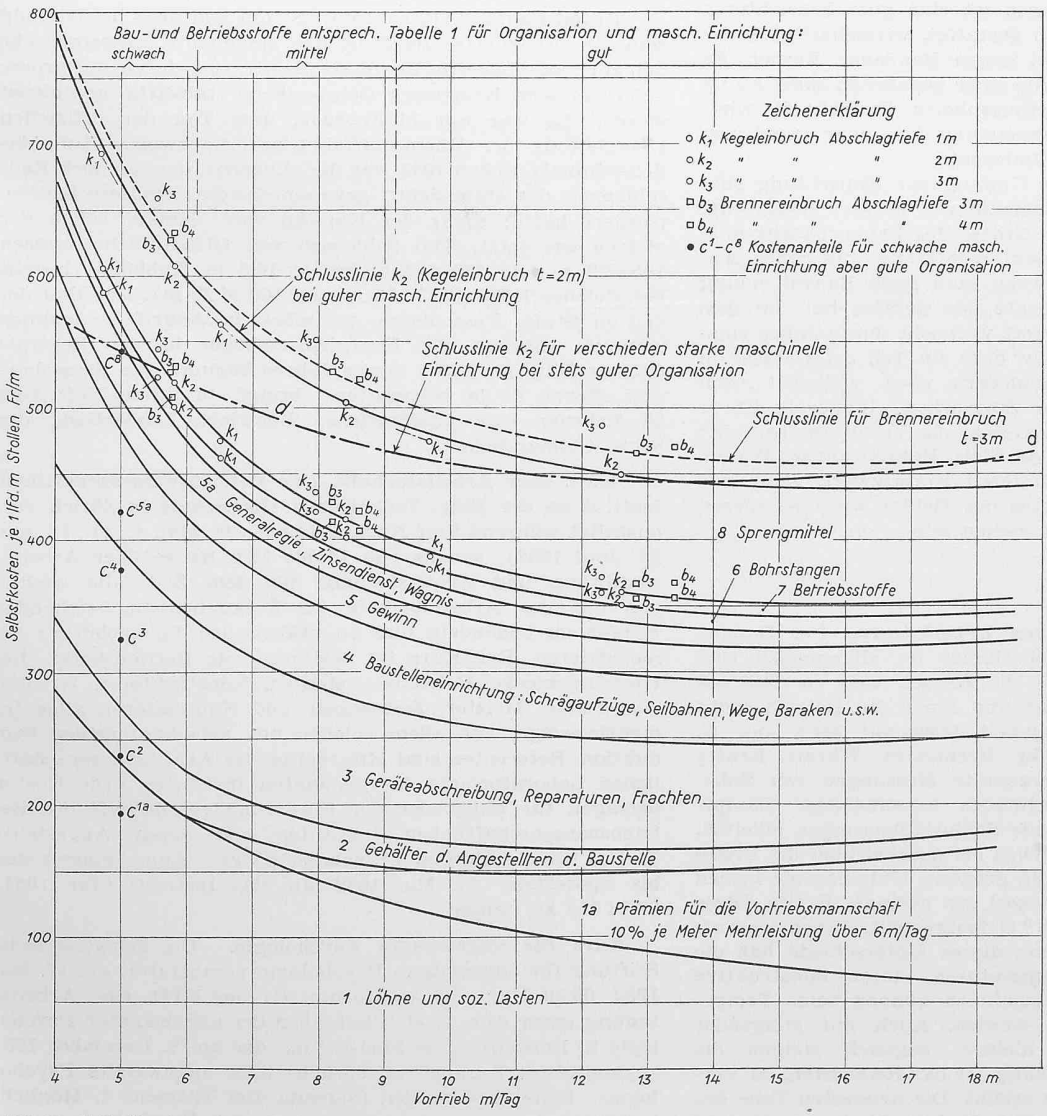


Bild 31. Selbstkosten eines Stollens als Funktion der täglichen Vortriebsleistung (nach Rabcewicz). $F = 8$ m², $L = 4{,}5$ km, Gneis

= 3 m) gezogen. Es sind das auch jene Vortriebsweisen, mit welchen das Kostenminimum bei guten Einrichtungs- und Organisationsverhältnissen erreicht wird. Sämtliche Kosten wurden auf der Grundlage des Preisstandes vom Sommer 1951 ermittelt.

Ferner wurde das gleiche Beispiel auch mit einer schwächeren Einrichtung durchgerechnet: Es werde ohne Bohrwagen und nur mit zwei Bohrmaschinen auf Bohrknechten gebohrt, daher wird weniger Luft benötigt. Die Abmessungen der Pressluft- und Luttenleitungen werden geringer gewählt, kleinere Wagentypen werden verwendet, daher geringeres Schienengewicht, ausserdem wird ein weniger fähiger Stollenbagger eingesetzt. Der Neuwert dieser Einrichtung beträgt dann nur 53 % der erstgenannten. Die damit erzielbare Leistung wird jedoch im Mittel 5 m/Tag bei guter Organisation nicht überschreiten, wodurch sich die Baudauer um 60 % erhöht.

Die entsprechenden Kostenanteile wurden auf der Ordinate bei 5 m Vortrieb aufgetragen und mit c^1 bis c^8 bezeichnet. Wenn man nun durch den Punkt c^8 eine Kurve (d—d) legt, welche die erste Schlusslinie bei dem Vortriebswert, der der gleichen Organisationsgüte entspricht, schneidet — was etwa bei $p = 13$ m der Fall ist —, so hat man damit eine untere Kostengrenzlinie, die verschiedene Einrichtungsgrade berücksichtigt, jedoch jeweils gleich gute Organisation voraussetzend. Die Ueberschreitung der 13-m-Grenze als Durchschnitt wird nur bei «aussergewöhnlich» guten Arbeitern und sonstigen Verhältnissen möglich sein. Soll diese Ueberschreitung aber unter «normal» guten Verhältnissen erreicht werden, so müsste die Einrichtung noch zusätzlich verbessert werden, was sich in einem Steigen der Kostenkurve d—d in diesem Bereich ausdrückt.

Die Untersuchung zeigt folgendes:

Bei gegebenen Verhältnissen ist eine gute Einrichtung, die Leistungen von 8 bis 13 m gestattet, wirtschaftlicher als eine schwache Einrichtung bei langer Baudauer. Ferner: Es ist unbedingt wirtschaftlich, aus einer gegebenen Einrichtung das Maximum an Leistung herauszuholen. Endlich: die wirtschaftlich günstigste Vortriebsleistung bei einer gegebenen Einrichtung bestimmt der Prämiensatz.

Bei der Frage nach dem Umfang der Einrichtung sind jedoch noch einige andere Momente von grosser Bedeutung. Zunächst ist naturgemäss die Grösse des Bauvorhabens ausschlaggebend. Ein kleines Objekt rechtfertigt die hohen Anschaffungskosten nur dann, wenn man nach Bauvollendung die Gewähr für weiteren Einsatz des Gerätes hat. Ist dies nicht der Fall, so bleibt ein Wert vielleicht durch Jahre zinslos gebunden, wobei die Gefahr, dass ein Teil des Gerätes in unserer raschlebigen Zeit unmodern wird, vielleicht noch grösser zu werten ist als der Zinsverlust. Immerhin ist ja nicht das ganze Gerät von der Gefahr des Veralterns bedroht; gerade bedeutendere Posten wie Gleis, Rohrleitungen, Wagen u. a. behalten vorläufig noch ihren Einsatzwert. Auch das ständige Fallen des Kaufwertes des Geldes wird bei diesen Ueberlegungen in Betracht zu ziehen sein.

MITTEILUNGEN

Rohrwandtemperaturen von Ueberhitzern. Bei Dampfkesselanlagen weisen die Ueberhitzer im allgemeinen eine kürzere Lebensdauer auf als die Kessel, weil sie höheren Temperaturen ausgesetzt sind und ihnen im Betrieb nicht immer die nötige Aufmerksamkeit geschenkt wird. Ing. G. Schiermann, Köln, berichtet in «Brennstoff, Wärme, Kraft» vom Februar 1952 über interessante Messungen von Rohrwandtemperaturen an Ueberhitzern verschiedener Dampferzeuger, aus denen er folgende Schlussfolgerungen ableitet: Kessel von grosser Breite ergeben bei parallel über die Breite verteilten Ueberhitzerschlangen grössere Unterschiede in den Rohrwandtemperaturen als Kessel von geringer Breite. Diese Unterschiede wurden bis 116 °C festgestellt. Einen wesentlichen Einfluss auf die Grösse dieser Unterschiede hat die Verteilung der Rauchgastemperaturen; durch konstruktive und feuerungstechnische Massnahmen können beide Temperaturunterschiede verringert werden. Auch mit steigender Kesselleistung werden sie kleiner; zugleich steigen die Dampfgeschwindigkeiten. Wichtig ist das Reinhalten, da Verschmutzung die Unterschiede erhöht. Die heissesten Teile des Ueberhitzers sollen nur über einen Teil der Breite angeordnet werden, weil dadurch die Temperaturverteilung gleichmässiger wird. Kessel mit Rostfeuerung sind bezüglich der Ueberhitzerrohr-Wandtemperatur beim Anheizen weniger empfindlich als Kessel mit Staubfeuerung. Um beim Anfahren übermässige Rohrwandtemperaturen zu vermeiden, soll dabei wenn möglich genügend Dampf abgegeben werden. Die Regelung des Heissdampf-Zwischenkühlers muss auch während des Anfahrens voll wirksam sein. Ueberhaupt sollen beim Anfahren die Rohrwandtemperaturen verfolgt und auftretende Unterschiede durch Eingriffe in die Steuervorrichtungen ausgeglichen werden. Bei Kesseln mit Zwangsdurchlauf ist dies nicht nötig, da hier keine Uebertemperaturen beim Anfahren auftreten.

Verband schweizerischer Lack- und Farbenfabrikanten (VSLF). Am 20. März 1952 fand unter dem Vorsitz von Dr. C. Dold die ordentliche Generalversammlung dieses Verbandes statt. Nach Erledigung der üblichen Jahresgeschäfte nahm sie eine Orientierung über die 1951 stattgefundenen Besprechungen zur Herbeiführung einer internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiete der Lack-, Farben- und Druckfarbenindustrie entgegen. Die an Sitzungen in Brüssel und Paris geleisteten Vorarbeiten fanden mit einer Konferenz der Verbandspräsidenten von zwölf europäischen Ländern am 10. und 11. Dezember 1951 in Paris ihren Abschluss. Das Resultat wurde der Generalversammlung in Form eines Reglementes über die Gründung und die Tätigkeit des «Comité Européen des Associations de Fabricants de Peintures et d'Encres d'Imprimerie» vorgelegt. Durch einstimmigen Beschluss erklärte die Generalversammlung den Beitritt zu diesem Comité, dem der VSLF folglich als Gründermitglied angehören wird. Mit Befriedigung wurde davon Kenntnis genommen, dass inzwischen auch die Vereinigung Schweizerischer Druckfarbenfabrikanten (VSD) eine analoge Resolution fasste.

Grand Canal d'Alsace. Wie «Strom und See» im Titelbild seines Februarheftes zeigt, ist das umgebaute schweizerische Schleppboot «Luzern» das erste Schiff, das durch die grosse Schleuse beim Kraftwerk Ottmarsheim talwärts geschleust wurde. Es war am 11. Februar, dem Tag der offiziellen Ueberleitung der Rheinschiffahrt auf die zweite Stufe des Seitenkanals. Schon 1932 war die «Luzern», damals noch Radschlepper, das erste Schiff gewesen, das die Kembserschleusen passiert hatte; sogar der Kapitän war damals schon der gleiche wie jetzt. Die Schleusen von Ottmarsheim messen 185×23 m und 185×12 m bei je 16,5 m Hubhöhe (Kembs bei gleicher Höhe 180 × 25 m und 100 × 25 m). Der Bau der dritten Stufe, Fessenheim, ist schon in Angriff genommen worden, während die Energieproduktion in der Zentrale Ottmarsheim im Laufe dieses Jahres beginnt. Die Strassburger «Revue de la Navigation» bringt in ihrem Heft vom 25. Februar eine ausführliche, illustrierte Darstellung der Stufe Ottmarsheim.

Kurs über Arbeitstechnik. Das Betriebswissenschaftliche Institut an der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich veranstaltet während fünf Nachmittagen (28. Mai, 4., 11., 18. und 25. Juni 1952), jeweils von 14 bis 18 h Kurse über Arbeitsgestaltung und Arbeitstechnik mit dem Ziel, alle wichtigen mit der Arbeitstechnik im Zusammenhang stehenden Fragen zu behandeln und an praktischen Beispielen zu demonstrieren. Der Kurs ist bestimmt für Betriebsleiter, Betriebsingenieure, Betriebsassistenten, Konstrukteure, Arbeitsvorbereiter, Meister, Zeitnehmer und Kalkulatoren aller Industriezweige, vor allem solcher mit arbeitsintensiver Produktion. Referenten sind Mitarbeiter des Arbeitswissenschaftlichen Laboratoriums des genannten Institutes. Die Kosten betragen für Mitglieder der Förderungsgesellschaft des Betriebswissenschaftlichen Institutes und deren Angestellte 75 Fr., für die übrigen Teilnehmer 85 Fr. Anmeldungen sind bis spätestens 17. Mai 1952 an das Institut (Tel. (051) 32 73 30) zu richten.

Kurs für angewandte Psychologie. Die Schweizerische Stiftung für angewandte Psychologie veranstaltet am 17. Mai 1952, 09.30 Uhr, im Auditorium III der ETH eine Arbeitstagung unter dem Titel: «Aufgaben der angewandten Psychologie in Betrieben» als Fortsetzung der am 8. Dezember 1951 abgehaltenen Tagung: «Gespräche über angewandte Psychologie». Behandelt werden folgende drei Themen: 1. Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung der Psychologie in den Betrieben. 2. Aufgaben der Arbeitspsychologie (Individual-